Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 4, Winter 2024, p. 705-726

Evaluation of Important Vegetative, Phenological and Pomological Characteristics of 36 Promising Almond (*Prunus dulcis* L.) Genotypes on GN15 Vegetative Rootstock

S.A. Mousavi[1]*, A. Vatankhah[2], A. Imani[3]

1 and 2- Assistant Professor and Postdoctoral Researcher, Horticulture Crops Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran
(*- Corresponding Author Email: asgharmousavi@gmail.com)
3- Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 26-05-2024 Revised: 08-07-2024 Accepted: 10-07-2024 Available Online: 10-07-2024	**How to cite this article:** Mousavi, S.A., Vatankhah, A., & Imani, A. (2024). Evaluation of important vegetative, phenological and pomological characteristics of 36 promising almond (*Prunus dulcis* L.) genotypes on GN15 vegetative rootstock. *Journal of Horticultural Science, 38*(4), 705-726. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88253.1347

Introduction

Almond (*Prunus dulcis* L.) is one of the valuable nut trees that is cultivated in many temperate regions and Mediterranean climatic conditions for domestic consumption and export. Almond belongs to the genus Prunus, from the Rosaceae family. Identifying and introducing genotypes and cultivars of late bloom is one of the most important goals of almond breeding programs. The correct choice of almond rootstock causes better management of the garden, compatibility with all types of soil and resistance to nematodes. Peach × almond hybrid has been the most widely used rootstock in both dry and irrigated conditions in the past years. Creating an orchard by selecting grafted genotypes on suitable rootstock for sustainable cultivation of almonds is particularly important. Cultivation of superior genotypes grafted on fruit trees has an effect on pomological characteristics, yield and quality of nuts. The requirement for the introduction and production of superior cultivars is an accurate selection between cultivars, which is possible through the identification of cultivars and their diversity. The purpose of this research is to investigate and evaluate the most important vegetative, phenological, quantitative, and qualitative characteristics of nuts and kernels in 36 promising cultivars and genotypes grafted onto GN15 rootstock, with the goal of identifying and introducing superior cultivars.

Materials and Methods

In this research, 36 promising almond cultivars and genotypes on GN15 rootstock were investigated in garden conditions in terms of various vegetative traits, nut and kernel characteristics in order to obtain suitable commercial cultivars. This research was conducted at the Badam research station in Saman region affiliated to the Center for Research and Education of Agriculture and Natural Resources of Chaharmahal and Bakhtiari province as a randomized complete block design with three replications. The cultivars and genotypes studied are presented in Table 1. Vegetative traits of tree height, canopy length, canopy width, and branch length were measured by meter in the garden, and rootstock diameter, scion diameter, and branch diameter were measured in the garden with calipers. In order to measure the nut and kernels, 100 fruits were harvested from each of the studied cultivars and genotypes at the time of fruit ripening, and their green shell was separated and dried. Measurement of traits such as length, width, diameter of nut and kernel was done by digital caliper and weight of nut and kernel was measured by digital scale with accuracy of 0.01. Coding of some traits was done based on almond descriptor (Gülcan, 1985) with some



https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88253.1347

changes. The data obtained from the experiment were analyzed using SAS software (version 3.1.9). To compare the means, Duncan's multiple range test was used at the 5% probability level.

Table 1- Promising cultivars and genotypes examined in this study (based on the sent label of the scion)

Cultivar/genotype	Cultivar/genotype code	Cultivar/genotype	Cultivar/genotype code
TS-16	GA1	2-29 (D7)	GA 19
D	GA 2	100-1-1	GA 20
TS-21	GA 3	2-0-4	GA 21
TS-14	GA 4	3-1-4	GA 22
Aviz	GA 5	TS-18	GA 23
A8	GA 6	D2	GA 24
B8	GA 7	TS-30	GA 25
100-1-8-1	GA8	1306 (Tabriz genotype)	GA 26
2-3-2	GA 9	AH2 (Tabriz genotype)	GA 27
TS-11	GA 10	108 (Tabriz genotype)	GA28
(1/16) 1-16	GA 11	Yalda	GA29
3-1-15	GA 12	Saba	GA 30
13-40	GA 13	Shamshiri (Shahrekord)	GA 31
TS1	GA 14	AY (Shahrekord)	GA 32
8-35	GA 15	Mamaei	GA 33
85	GA 16	AN2 (Shahrekord)	GA 34
35	GA 17	AN4 (Shahrekord)	GA 35
B6	GA 18	AN5 (Shahrekord)	GA 36

Results and Discussion

According to the results of analysis of variance (ANOVA), there was a statistically significant difference at the level of 1% between the attributes of tree height, canopy width, rootstock and scion diameter, branch length and diameter, and the ratio of tree height to canopy length. ($P<0.01$). The results of variance analysis show that there is a significant difference between the investigated nut and kernel traits in promising cultivars and genotypes grafted on GN (Table 5). These differences show the diversity in the investigated traits and it is possible to choose cultivars for different values of the same trait. Based on the average comparison results of the vegetative traits, the highest height in genotypes GA4, GA3, GA35, The highest canopy width was observed in genotypes GA5, GA17, GA3, and GA20, GA15, GA5, the highest diameter of rootstock and scion, and the highest length and diameter of one-year branches were observed in genotype GA18. The results of the comparison of the average nut and kernel characteristics show that there is a significant difference in the cultivars and genotypes investigated in this research. The results of the comparison of the average nut and kernel characteristics show that there is a significant difference in the cultivars and genotypes investigated in this research. Based on the obtained results, cultivars and genotypes of GA5, GA24, GA12, GA9 and GA1 showed relative superiority in terms of nut and kernel traits. The results of this research showed that the GA35 genotype grafted on the GN15 rootstock had the highest length, width and diameter of the nut, and the highest weight of nut and kernel. The kernel color light, the without shrinking the kernel and the highest percentage of kernel and the highest ratio of kernel weight to nut weight.

Conclusion

The results of this research showed that the examination of vegetative traits, nuts and kernels in the studied cultivars and genotypes could show the diversity between cultivars and genotypes. The results showed that the investigated cultivars and genotypes have significant differences in terms of all nut and kernel traits, which indicates the existence of diversity between the investigated cultivars and genotypes. This indicates that these cultivars and genotypes can be considered a valuable source of germplasm for breeding programs. Cultivars and genotypes with a higher kernel percentage had thinner shells, more patterns on the skin, and light to medium kernel color. Based on the results, the cultivars and genotypes GA5, GA24, GA12, GA9, and GA1 demonstrated relative superiority in terms of nut and kernel traits. The research also showed that the GA35 genotype grafted onto GN15 rootstock had the greatest nut length, width, and diameter, as well as the highest nut and kernel weight. Additionally, GA35 had light kernel color, no kernel shrinkage, the highest kernel percentage, and the highest kernel-to-nut weight ratio.

Keywords: Kernel, Nuts, Superior genotype, Vegetative rootstock, Vegetative traits

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، ص. ۷۲۶-۷۰۵

ارزیابی خصوصیات مهم رویشی، فنولوژی و میوه‌شناختی ۳۶ ژنوتیپ امیدبخش بادام (*Prunus dulcis* L) روی پایه رویشی GN۱۵

سید اصغر موسوی[۱*] - اکرم وطن خواه[۲] - علی ایمانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۰

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی خصوصیات رویشی، کمّی و کیفی خشک‌میوه و مغز در ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام (*Prunus dulcis* L) انجام شد. ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش در یک شرایط محیطی یکسان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات بادام در منطقه سامان وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری روی پایه رویشی GN۱۵ در سال ۱۳۹۷ پیوند و در بهار، تابستان و پاییز ۱۴۰۲ از نظر صفات مهم رویشی، فنولوژیکی، کمّی و کیفی خشک‌میوه و مغز ارزیابی و مقایسه شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات ارتفاع درخت، عرض تاج‌پوشش درخت ، قطر پایه و پیوندک، طول و قطر شاخه و نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات خشک‌میوه و مغز تفاوت معنی‌داری داشتند که نشان‌دهنده وجود تنوع بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی است. براساس نتایج مقایسه میانگین صفات رویشی، بیشترین ارتفاع در ژنوتیپ‌های GA۴، GA۳ و GA۳۵، بیشترین عرض تاج‌پوشش درخت در ژنوتیپ‌های GA۵، GA۱۷، GA۳، GA۲۰، GA۱۵ و GA۵ و بیشترین قطر پایه و پیوندک و بیشترین طول و قطر شاخه یک‌ساله در ژنوتیپ GA۱۸ مشاهده شد. بیشترین عملکرد در ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۱۶ و GA۲۶ مشاهده شد. براساس نتایج به‌دست آمده، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۵، GA۲۴، GA۱۲، GA۹ و GA۱ از نظر صفات خشک‌میوه و مغز برتری نسبی نشان دادند به‌طوری‌که ژنوتیپ GA۲۴ نسبتاً دیرگل، ژنوتیپ‌های GA۱ و GA۵ خیلی دیرگل بودند و گل‌دهی ارقام و ژنوتیپ‌های GA۹، GA۱۲ و GA۲۴ روی اسپور و GA۵ و GA۱ مختلط بود. قطر خشک‌میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک‌میوه و طول و قطر مغز (r=۰/۷) نشان داد. نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ GA۳۵ پیوند شده روی پایه GN۱۵ بیشترین طول، عرض و قطر خشک‌میوه، بیشترین وزن خشک و وزن مغز، رنگ مغز روشن، مغز بدون چروکیدگی، بیشترین درصد مغز و بیشترین نسبت وزن مغز به وزن خشک‌میوه را دارا بود.

واژه‌های کلیدی: پایه رویشی، خشک‌میوه، ژنوتیپ برتر، صفات رویشی، مغز

مقدمه

بادام (*Prunus dulcis* L) یکی از درختان خشک‌میوه با ارزش است که در بسیاری از مناطق معتدل و شرایط آب‌وهوایی مدیترانه‌ای برای مصرف داخلی و صادرات کشت می شود (Yada *et al.*, 2011). بادام با نام علمی *Prunus dulcis* L. متعلق به جنس *Prunus*، زیرگونه *Amygdalus* از خانواده Rosaceae است (Kester & Gradziel, 1996). مغز بادام حاوی مواد غذایی با ارزشی از جمله روغن، پروتئین، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Ayaz *et al.*, 2020; Barreca *et al.*, 2020; Zahedi *et al.*, 2020). ایران با سطح زیر کشت ۷۹۳۹۲ هکتار، یکی از مهم‌ترین تولیدکنندگان بادام محسوب می‌شود و با تولید سالانه حدود ۱۶۴۳۴۸ تن، رتبه سوم جهان را پس از آمریکا و اسپانیا به خود اختصاص داده است (FAO, 2021). بادام، درختی است که در شرایط آب‌وهوایی

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و پژوهشگر پسا دکتری، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: asgharmousavi@gmail.com)
۳- استاد، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88253.1347

مدیترانه‌ای و در نواحی دارای تابستان‌های گرم‌وخشک و زمستان ملایم به‌خوبی رشد می‌کند، بنابراین به‌منظور دست‌یابی به عملکرد و کیفیت بالا، انتخاب مکان مناسب ضروری است و عدم توجه به اقلیم مناسب منجر به شکست باغداری می‌شود (Babadai *et al.*, 2017).

دما یکی از مهم‌ترین فاکتورهای اقلیمی برای کشت و پرورش درختان میوه مناطق معتدله از جمله بادام می‌باشد. درختان بادام توان مقاومت به گرمای شدید تابستان (۴۵ درجه سانتی‌گراد) و سرمای سخت زمستان (۲۲- درجه سانتی‌گراد) را دارند. رشد مطلوب و تولید محصول اقتصادی درختان بادام در یک محدوده دمایی خاص (به‌طور میانگین، ۲۵- ۱۸ درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۳۵ درجه سانتی‌گراد) انجام می‌شود که باید این نیازهای دمایی در محل احداث باغ در طول فصل رشد فراهم باشد تا با اطمینان خاطر اقدام به احداث باغ شود. سرمای دیرس بهاره و سرمای شدید زمستانه از مهم‌ترین محدودیت‌های دمایی هستند که در تولید محصول بادام اختلال ایجاد می‌کنند (Babadai *et al.*, 2017).

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید بادام در جهان، خسارات ناشی از سرمازدگی بهاره است. گل‌های بادام زود باز شده و منجر به خسارات سرمازدگی بهاره می‌شوند، بنابراین کشت و تولید آن در مناطقی با سرمای بهاره محدود است. بنابراین، شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌ها و ارقام دیرگل یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های اصلاحی بادام است (Beigi & Khadivi, 2023). انتخاب پایه مناسب بادام موجب مدیریت بهتر باغ، سازگاری با انواع خاک‌ها و مقاومت در برابر نماتدها می‌شود. هیبرید هلو × بادام (*Prunus persica* × *Prunus dulcis*) پرکاربردترین پایه هم در شرایط دیم و هم در شرایط آبی در سال‌های گذشته بوده است. ایجاد باغی با انتخاب ژنوتیپ‌های پیوند شده روی پایه‌های مناسب برای کشت پایدار بادام اهمیت ویژه‌ای دارد، کشت ژنوتیپ‌های پیوند شده روی پایه درختان میوه بر ویژگی‌های پومولوژیک میوه، عملکرد و کیفیت میوه تأثیرگذار است (Ranjbar & Imani, 2022). هیبریدهای بادام × هلو مقاوم به نماتد بوده و به‌دلیل قابلیت رشد در هر دو شرایط آبی و دیم و سازگار با شرایط مدیترانه‌ای، به پایه‌های غالب تبدیل شده‌اند (Çantal, 2022; Rubio-Cabetas, 2016). یکی از گام‌های اساسی در حفظ ذخایر ژنتیکی، شناسایی و ارزیابی ژرم‌پلاسم برتر است که پایه اساسی تحقیقات ژنتیکی و برنامه‌های به‌نژادی است. لازمه معرفی و تولید ارقام برتر، انتخاب دقیق بین ارقام است که از طریق شناسایی ارقام و تنوع بین آن‌ها امکان‌پذیر است (Imani *et al.*, 2021; Khadivi-Khub & Etemadi-Khah, 2015). نشانگرهای ریخت‌شناختی که پیامد جهش‌های قابل رؤیت در ریخت‌شناسی موجودات می‌باشند، از ساده‌ترین نشانگرهای ژنتیکی بوده و از اوایل قرن بیستم مورد استفاده قرار گرفته‌اند. امروزه، استفاده از این قبیل نشانگرها به‌دلیل داشتن معایبی از قبیل محدود بودن تعداد، تأثیرپذیری از مرحله رشد گیاه و شرایط محیطی، عدم تظاهر در مراحل اولیه و کم بودن چند شکلی محدود شده است، امّا بااین‌وجود، نشانگرهای مورفولوژیک همچنان نقش مهمی را در بررسی تنوع و ثبت قابلیت‌های گیاهان دارا می‌باشند و در گیاهان یک‌سری صفات مورفولوژیک به‌عنوان عوامل اصلی و کلیدی شناسایی گیاهان جدید محسوب می‌شوند (Sorkheh *et al.*, 2009). آشنایی با خصوصیات و تفاوت‌های بین ژنوتیپ‌ها یک امر اساسی برای بهبود کمیت و کیفیت میوه می‌باشد و با داشتن اطلاعات دقیق‌تر از خصوصیات فنوتیپی و ژنتیکی ارقام بادام می‌توان از طریق برنامه‌های اصلاحی به ارقام جدیدتر با عملکرد بیشتر و کیفیت بهتر دست یافت. اولین قدم برای بررسی و طبقه‌بندی منابع گیاهی بومی و محلی، استفاده از صفات ریخت‌شناختی است. ارزیابی صفات ریخت‌شناختی بادام برای انتخاب ارقام ضروری است و در گذشته تنها ابزار تشخیص ارقام بود. این ارزیابی براساس مشاهدات فنوتیپی است و شامل خصوصیات درخت، برگ، فنولوژی گل، خشک‌میوه و مغز می‌باشد (Gülcan, 1985; Mougiou *et al.*, 2023).

در مطالعه‌ای، میزان تنوع در ۸۸ رقم بادام از نظر ۲۰ صفت پوسته و هسته در جنوب ایتالیا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه خوشه‌ای، این صفات را در هفت گروه قرار داد. مهم ترین فاکتورها در خوشه‌بندی، درصد دوقلویی و به دنبال آن ضخامت خشک‌میوه و درصد مغز بود (De Giorgio & Polignano, 2001). در پژوهش دجرجیو و همکاران (De Giorgio *et al.*, 2007)، ۵۲ رقم بادام جنوبی ایتالیا ارزیابی و گزارش شد که این ارقام از نظر صفاتی مانند دوقلویی مغز، درصد مغز، وزن خشک‌میوه و مغز، چربی کل و سطوح آلفا توکوفرول، بیشترین تنوع را نشان دادند. آلفا توکوفرول، درصد دانه‌ها و دوقلویی مغز بیشترین تغییرات و وزن هسته کمترین تغییرات را نشان داد. در پژوهش دیگری، خصوصیات ریخت‌شناختی ۳۶ رقم بادام براساس ۲۰ صفت کمّی و کیفی، بیشتر برای خشک‌میوه و مغزها ارزیابی و تنوع زیادی بین ارقام گزارش شد (Chalak *et al.*, 2007). در پژوهش بیگی و خدیوی (Beigi & Khadivi, 2023) با بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی، خشک‌میوه و مغز ۱۹۸ نهال بادام دیرگل و دارای مغز با کیفیت بالا، ۱۹ ژنوتیپ دیرگل و امیدبخش بادام معرفی شد. در پژوهش نیکی موگویی و همکاران (Mougiou *et al.*, 2023) پس از بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی و مولکولی یک رقم جدید بادام به‌نام 'Mars' به‌عنوان یک رقم خود سازگار با ویژگی‌های زراعی خوب برای استفاده در باغات تک رقمی معرفی شد.

عسگری و خدیوی (Asgari & Khadivi, 2021) با بررسی صفات ریخت‌شناختی و میوه‌شناختی ژنوتیپ‌های بادام، ۲۱ ژنوتیپ را مطابق با خصوصیات تجاری بادام شامل عملکرد، وزن خشک‌میوه، سختی پوست، وزن مغز، درصد مغز و عطر و طعم مغز برای عرضه و

کشت در باغات توصیه نمودند. در مطالعه خدیوی و همکاران (Khadivi *et al.*, 2022)، خصوصیات متنوع مورفولوژیک و پومولوژیک گونه *Prunus arabica* به‌عنوان یک منبع ژنتیکی مهم برای پرورش بادام بررسی شد و در نهایت، با توجه به مقاومت قابل توجه در برابر تنش‌های محیطی به‌عنوان یک منبع ارزشمند برای اصلاح پایه‌های بادام معرفی شد. در مطالعه حیدری و همکاران (Heidari *et al.*, 2022)، پس از بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی و میوه‌شناسی ۸۴ درخت بادام آبیاری نشده، تعداد ۱۱ ژنوتیپ براساس ویژگی‌های مهم تجاری مانند عملکرد میوه، وزن خشک‌میوه، سختی پوست، شکل مغز، وزن و مزه مغز به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش در شرایط تنش خشکی معرفی شدند. در پژوهش ایمانی و همکاران (Imani *et al.*, 2022) ارزیابی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و میوه‌شناسی و عملکرد رقم‌ها و نژادگان‌های امیدبخش بادام به‌منظور انتخاب بهترین رقم‌ها صورت گرفت. نتایج حاصل از بررسی صفات ریخت‌شناسی و میوه‌شناسی نشان داد که نژادگان‌های K9-7، K2-22، K3-16، K2-9، Sh 15 و KD-11-01 و ارقام شکوفه، نون پاریل و پرایس دارای پوست کاغذی و بازارپسندی خوبی هستند. ارقام شکوفه، فرانیس، A230، A200 و نژادگان K13-40 به‌دلیل دیرگل بودن نسبت به رقم سفید به‌طور متوسط ۲۰ تا ۲۵ روز به‌طور احتمال کمتر در معرض سرمای بهاره قرار دارند. همچنین طی دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بیشترین میزان عملکرد را ارقام فلیپ سئو، فرانیس و نژادگان‌های K9-24 و K8-24 دارا بودند. به‌طور کلی، رقم نون پاریل و نژادگان KD- 11-01 از نظر پوست کاغذی و ارقام فرانیس، A230، A200 و نژادگان K 13-40 با میوه پوست سنگی بهترین ارقام و نژادگان‌ها شناخته شدند.

در پژوهش موسوی و همکاران (Mousavi *et al.*, 2010)، پس از بررسی خصوصیات کمّی و کیفی ۵۵ رقم و ژنوتیپ بادام ایرانی و خارجی، ارقام شاهرود ۱۲، شاهرود ۷، شاهرود ۸–ب، زرقان ۷، فرانیس، شاهرود ۲۱، مامایی، نان پاریل، مونتری، سونورا، نی پلاس الترا، یلدا و ژنوتیپ‌های کا–۱۲۱–۴–۴، کا–۱–۱۶، کا–۱۱–۴۰ و کا–۱۰–۱۵ از نظر صفات خشک‌میوه و مغز برتری نسبی داشتند. در مطالعه موسوی و همکاران (Mousavi *et al.*, 2020)، با بررسی خصوصیات خشک‌میوه و مغز ۳۵ رقم و نژادگان بادام ایرانی و خارجی، تنوع زیادی بین ارقام و نژادگان مشاهده کردند. در این پژوهش، ارقام شاهرود ۱۳، شاهرود ۲۱، شاهرود ۶، سفید، پریمورسکی، یلدا، شاهرود ۱۰، شاهرود ۱۲، مامایی، شاهرود ۷ و نژادگان‌های انتخابی AIM2، AIM1، GM1، AHN2، AHYU و AHN1 از نظر صفات خشک‌میوه و مغز برتری نشان دادند.

در پژوهش ایمانی و همکاران (Imani *et al.*, 2011) ۳۴۰ ژنوتیپ بادام از مناطق ایران، ۲۰ رقم خارجی، ۸۰ هیبرید امیدوارکننده حاصل از تلاقی‌های کنترل شده و ۱۰ رقم تجاری محلی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و مقاوم به سرمای زمستانه مورد بررسی قرار گرفتند. پس از ارزیابی ارقام و ژنوتیپ‌ها براساس زمان گل‌دهی، مقاومت در برابر سرمازدگی دیررس بهاره و تشکیل میوه، به چهار گروه تقسیم شدند: مقاوم در برابر سرمازدگی با تشکیل میوه زیاد (چهار هیبرید امیدبخش)، مقاومت متوسط در برابر سرما و میوه‌دهی متوسط (تونو، سوپرنوا، شاهرود ۷ و سهند)، مقاومت کم به سرما با میوه‌دهی کم (دو هیبرید امیدبخش)، غیر مقاوم به سرما بدون تشکیل میوه (۳۴۰ ژنوتیپ بادام، ۷۶ هیبرید انتخابی، ۱۷ رقم تجاری خارجی به‌ویژه (فلیپ سئو، نان پاریل، فراگنس و ...). هدف از انجام این پژوهش، بررسی و ارزیابی مهم‌ترین خصوصیات رویشی، فنولوژیکی، خصوصیات کمّی و کیفی خشک‌میوه و مغز در ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام پیوند شده روی پایه GN۱۵ به‌منظور معرفی و انتخاب ارقام برتر است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این پژوهش، ۳۶ رقم و ژنوتیپ بادام امیدبخش روی پایه رویشی GN۱۵ در شرایط باغ از نظر صفات مختلف رویشی، فنولوژی و خصوصیات خشک‌میوه و مغز به‌منظور دستیابی به ارقام مناسب تجاری بررسی شدند. ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. پیوندک‌ها از ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش انتخاب، و در نیمه اول مهر ۱۳۹۷ عملیات پیوند جوانه پیوندک از ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش منتخب روی پایه GN۱۵ انجام شد. در اردیبهشت ماه ۱۳۹۸ عملیات کشت نهال‌های پیوندی گلدانی آماده شده از ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف روی GN۱۵ در زمین اصلی انجام و بلافاصله به‌روش آبیاری تحت فشار قطره‌ای آبیاری شدند. درختان مورد نظر روی پایه GN۱۵ پیوند و به‌روش قطره‌ای آبیاری شدند و عملیات داشت برای همه درختان به‌طور یکسان انجام شد و پس از پنج سال داده‌برداری انجام شد. این پژوهش در ایستگاه تحقیقات بادام در منطقه سامان وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تعداد دو درخت در هر واحد آزمایشی وجود داشت. تعداد کل واحدهای آزمایشی ۱۰۸ بود و تعداد کل درخت‌های مورد آزمایش ۲۱۶ بود. نهال‌های مورد نظر پنج‌ساله بودند. صفات فنولوژی و رویشی، در بهار و تابستان و پاییز ۱۴۰۲ انجام شد و پس از میوه‌دهی و در زمان برداشت، میوه‌های درختان برداشت و میانگین عملکرد پس از پوست‌گیری و خشک شدن میوه‌ها اندازه‌گیری شد. صفات خشک‌میوه و مغز پس از برداشت، پوست‌گیری و خشک شدن میوه‌ها اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱- ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش بادام مورد بررسی در این مطالعه

Table 1- Promising almond cultivars and genotypes examined in this study

رقم/ژنوتیپ Cultivar/genotype	کد رقم/ژنوتیپ Cultivar/genotype code	رقم/ژنوتیپ Cultivar/genotype	کد رقم/ژنوتیپ Cultivar/genotype code
TS-16	GA1	2-29 (D7)	GA 19
D	GA 2	100-1-1	GA 20
TS-21	GA 3	2-0-4	GA 21
TS-14	GA 4	3-1-4	GA 22
Aviz	GA 5	TS-18	GA 23
A8	GA 6	D2	GA 24
B8	GA 7	TS-30	GA 25
100-1-8-1	GA8	1306 (Tabriz genotype)	GA 26
2-3-2	GA 9	AH2 (Tabriz genotype)	GA 27
TS-11	GA 10	108 (Tabriz genotype)	GA28
(1/16) 1-16	GA 11	Yalda	GA29
3-1-15	GA 12	Saba	GA 30
13-40	GA 13	Shamshiri (Shahrekord)	GA 31
TS1	GA 14	AY (Shahrekord)	GA 32
8-35	GA 15	Mamaei	GA 33
85	GA 16	AN2 (Shahrekord)	GA 34
35	GA 17	AN4 (Shahrekord)	GA 35
B6	GA 18	AN5 (Shahrekord)	GA 36

اندازه‌گیری صفات

صفات رویشی ارتفاع درخت، طول تاج‌پوشش درخت ، عرض تاج‌پوشش درخت و طول شاخه در باغ با متر اندازه‌گیری شد و قطر پایه، پیوندک و شاخه در باغ توسط کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد (جدول ۲). صفات فنولوژیک با شروع گل‌دهی و ثبت زمان‌های مختلف گل‌دهی در بهار و صفات رویشی در تابستان و پاییز و میانگین عملکرد پس از پوست‌گیری و خشک شدن میوه‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری صفات خشک‌میوه و مغز، تعداد ۱۰۰ میوه از هر یک از ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در زمان رسیدن میوه در شهریور ماه از چهار جهت جغرافیایی درخت و از شاخه‌های مختلف به‌صورت تصادفی برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد منتقل شدند. سپس پوست سبز میوه‌ها جدا گردید و نمونه‌ها در محدوده دمایی ۲۶-۲۸ درجه سانتی‌گراد و در شرایط هوای آزاد خشک شدند. این نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری صفات خشک‌میوه و مغز ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی استفاده شد. اندازه‌گیری صفاتی مانند طول، عرض، قطر میوه و مغز به‌وسیله دستگاه کولیس دیجیتال و اندازه‌گیری وزن خشک‌میوه و مغز به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ انجام شد. میزان عملکرد براساس میانگین وزن خشک محصول در هر واحد آزمایشی (دو درخت) بر حسب گرم محاسبه شد. کددهی برخی صفات براساس توصیف‌گر بادام (Gülcan, 1985) با کمی تغییرات انجام شد (جدول ۲).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱/۳) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. به‌منظور تعیین همبستگی بین صفات رویشی، خشک‌میوه و مغز از ضرایب همبستگی پیرسون استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج

صفات رویشی

براساس نتایج تجزیه واریانس، بین صفات ارتفاع درخت، عرض تاج‌پوشش درخت ، قطر پایه و پیوندک، طول و قطر شاخه و نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید. (ANOVA, P<0.01) (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش بر صفات رویشی نشان داد که بین صفات ارتفاع درخت، عرض تاج‌پوشش درخت ، قطر پایه و پیوندک، طول و قطر شاخه و نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. ژنوتیپ GA۴، GA۳، GA۳۵، GA۲۶، GA۱۹، GA۱۷، GA۱، GA۲۴ و GA۳۴ بیشترین ارتفاع درخت و ژنوتیپ GA۳۰، GA۹، GA۳۳ و GA۶ کمترین ارتفاع درخت را داشت (جدول ۴). بیشترین عرض تاج‌پوشش درخت در ژنوتیپ GA۵، GA۱۷ و GA۳ و کمترین عرض تاج‌پوشش درخت در ژنوتیپ GA۳۲، GA۳۰ و GA۱۱ مشاهده شد. ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۱۵ و GA۵ بیشترین

قطر پایه و پیوندک و ژنوتیپ GA۱۱، GA۳۲ و GA۲۷ کمترین قطر پایه و پیوندک را دارا بود و سایر ژنوتیپ‌ها حد فاصل ژنوتیپ‌های فوق قرار داشتند (جدول ۴). قطر پایه همبستگی مثبت و معنی‌داری با قطر پیوندک (r=۰/۷۵) داشت (جدول ۸).

بیشترین طول شاخه یک‌ساله (رشد سالیانه) در ژنوتیپ‌های GA۱۸، GA۸، GA۳۱، GA۴، GA۲۵، GA۱۵، GA۱۲، GA۲۴، GA۲۱ و GA۲۲، و کمترین طول شاخه یک‌ساله (رشد سالیانه) در ژنوتیپ‌های GA۷، GA۱۱ و GA۳۵ مشاهده شد (جدول ۴). طول شاخه همبستگی مثبت و معنی‌داری با قطر شاخه (r=۰/۸) داشت (جدول ۸). ژنوتیپ‌های GA۱۸، GA۴ و GA۲۴ بیشترین قطر شاخه و ژنوتیپ GA۱۶، GA۷، GA۲۸ و GA۲ کمترین قطر شاخه را داشت. بیشترین نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت در ژنوتیپ‌های GA۲۶ و GA۳۶ و کمترین نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت در ژنوتیپ GA۵ مشاهده شد (جدول ۴). نسبت طول به عرض تاج‌پوشش درخت همبستگی مثبت و معنی‌داری با نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت (r=۰/۸) دارد (جدول ۸).

صفات خشک‌میوه و مغز

نتایج تجزیه واریانس بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین صفات خشک‌میوه و مغز مورد بررسی در ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش پیوند شده روی پایه GN است (جدول ۵). این تفاوت‌ها نشان‌دهنده تنوع در صفات مورد بررسی است و امکان انتخاب ارقام برای مقادیر مختلف یک صفت وجود دارد. این صفات در مراحل بعد مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین صفات خشک‌میوه و مغز مورد بررسی در ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش پیوند شده روی پایه GN است. برخی خصوصیات ویژه ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش براساس مقایسه میانگین‌ها به شرح زیر است: بیشترین طول، عرض، قطر و وزن خشک‌میوه در ژنوتیپ شماره GA۳۵ و کمترین طول، عرض، قطر و وزن خشک‌میوه به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های GA۲ و GA۱ مشاهده شد (جدول ۶). قطر خشک‌میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک‌میوه، طول و قطر مغز (r=۰/۷) داشت و وزن خشک‌میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن مغز، طول مغز و ضخامت پوسته چوبی (r=۰/۸) داشت (جدول ۸).

براساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین وزن، طول و عرض مغز در ژنوتیپ GA۳۵ و کمترین وزن، طول و عرض مغز در ژنوتیپ ۱۱ GA مشاهده شد. همچنین بیشترین قطر مغز و ضخامت پوسته چوبی در ژنوتیپ GA۲۴ و کمترین قطر مغز و ضخامت پوسته چوبی به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های GA۱ و در ژنوتیپ GA۱۲ مشاهده گردید (جدول ۶). وزن مغز همبستگی مثبت و معنی‌داری با طول مغز (r=۰/۸۲) و ضخامت پوسته چوبی (r=۰/۷) داشت. (جدول ۸). بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی، صفت دوقلویی از صفر تا خیلی کم و کم متغیر بود. از نظر صفت دوقلویی در اکثر ارقام میزان کمی مشاهده شد، در حالی‌که میزان دوقلویی ژنوتیپ GA۲۶ صفر بود (جدول ۶). میزان پوکی بین ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش از دو تا چهار درصد متغیر بود. کمترین میزان پوکی را در ژنوتیپ‌های GA۱۳، GA۲۲، GA۳۰، GA۷، GA۳۲، GA۱۷ و GA۳ مشاهده شد که نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۶).

رنگ مغز در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از خیلی روشن تا تیره متغیر بود (جدول ۶). ژنوتیپ‌های GA۱۴ و GA۲۲ دارای رنگ مغز تیره و ژنوتیپ‌های GA۲، GA۲۳، GA۱۶، GA۱۹، GA۱۱، GA۲۵، GA۱۵، GA۸، GA۲۶، GA۳۴، GA۳۵، GA۳۶، GA۴ و GA۲۹ رنگ مغز خیلی روشن و سایر ژنوتیپ‌ها رنگ مغز متوسط را نشان دادند. ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفت چروکیدگی بین چروکیدگی کم و متوسط قرار داشتند. ژنوتیپ‌های GA۴، GA۱، GA۶، GA۱۸ و GA۲۲ دارای چروکیدگی متوسط بودند که نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۶). مطابق با نتایج مقایسه میانگین، سفتی پوست در ژنوتیپ‌های مورد بررسی از پوست سخت تا پوست کاغذی متغیر بود. ژنوتیپ‌های GA۲، GA۲۳، GA۱۹، GA۳۶ و GA۶ پوست نازک، ژنوتیپ‌های GA۲۵، GA۳۴، GA۳۲، GA۱۷، GA۳، GA۲۰، GA۴ و GA۱۸ پوست نیمه سخت و ژنوتیپ‌های GA۱۶، GA۸، GA۲۶، GA۳۵، GA۱۳، GA۲۷، GA۳۳، GA۳۱، GA۱۰ و GA۱۴ پوست سخت داشتند و سایر ژنوتیپ‌ها پوست کاغذی داشتند. مطابق با نتایج مقایسه میانگین، شکاف و درز روی پوست در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از بسته تا شکوفا متغیر بود. ژنوتیپ‌های GA۸، GA۱۳، GA۳۳، GA۳۱، GA۱۰، GA۳۴، GA۳۲، GA۳، GA۲۳، GA۷، GA۲۴ و GA۲۱ دارای درز و شکاف بسته و سایر ژنوتیپ‌ها درز و شکاف شکوفا داشتند (جدول ۶). بیشترین درصد مغز در ژنوتیپ GA۳۵ و کمترین میزان درصد مغز در ژنوتیپ GA۱۰ مشاهده شد. براساس نتایج، بیشترین نسبت عرض به‌طول مغز در ژنوتیپ GA۱۲ و کمترین نسبت در ژنوتیپ GA۳۶ مشاهده گردید. بیشترین نسبت ضخامت به طول و عرض مغز در ژنوتیپ GA۲۴ و کمترین نسبت در ژنوتیپ GA۳۶ مشاهده شد (جدول ۶). نسبت ضخامت به طول مغز همبستگی مثبت و معنی‌دار با نسبت ضخامت به طول خشک‌میوه (r=۰/۷) نشان داد و نسبت ضخامت به عرض مغز همبستگی مثبت و معنی‌داری با نسبت ضخامت به عرض خشک‌میوه (r=۰/۹) نشان داد (جدول ۸).

جدول ۲- صفات، علامت اختصاری، واحد و روش اندازه‌گیری در ارقام و ژنوتیپ‌های بادام مورد بررسی

Table 2- Traits, abbreviation, unit and measurement method in investigated varieties and genotypes of almond

شماره Number	صفت Attribute	علامت اختصاری Abbreviation	واحد Unit	روش اندازه‌گیری Measurement method
1	ارتفاع درخت Tree height	TH	cm	متر Meter
2	طول تاج‌پوشش درخت Canopy length	CL	cm	متر Meter
3	عرض تاج‌پوشش درخت Canopy width	CW	cm	متر Meter
4	قطر پایه Rootstock diameter	RD	mm	کولیس Calliper
5	قطر پیوندک Scion diameter	SD	mm	کولیس Calliper
6	طول شاخه Branch length	BL	cm	متر Meter
7	قطر شاخه Branch diameter	BD	mm	کولیس Calliper
8	نسبت طول به عرض تاج‌پوشش درخت Canopy length/crown width ratio	CL/CW		طول تاج‌پوشش درخت به عرض تاج‌پوشش درخت Canopy length/canopy width
9	نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت Tree height/canopy length ratio	TH/CL		ارتفاع درخت به طول تاج‌پوشش درخت Tree height/canopy length
10	طول خشک‌میوه Nut length	NL	mm	کولیس Calliper
11	عرض خشک‌میوه Nut width	NW	mm	کولیس Calliper
12	ضخامت خشک‌میوه Nut thickness	NTH	mm	کولیس Calliper
13	وزن خشک‌میوه Nut weight	NWT	g	ترازوی دیجیتال Digital scale
14	وزن مغز Kernel weight	KWT	g	ترازوی دیجیتال Digital scale
15	طول مغز Kernel length	KL	mm	کولیس Calliper
16	عرض مغز Kernel width	KW	mm	کولیس Calliper
17	ضخامت مغز Kernel thickness	KTH	mm	کولیس Calliper
18	نسبت عرض به طول خشک‌میوه (NR1) Nut width/nut length ratio	NW/NL		عرض خشک‌میوه به طول خشک‌میوه Nut width/nut length
19	نسبت ضخامت به طول خشک‌میوه (NR2) Nut thickness/nut length ratio	NTH/NL		ضخامت خشک‌میوه به طول خشک‌میوه Nut thickness/nut length
20	نسبت ضخامت به عرض خشک‌میوه (NR3) Nut thickness/nut width ratio	NTH/NW		ضخامت خشک‌میوه به عرض خشک‌میوه Nut thickness/nut width
21	ضخامت پوسته چوبی Shell thickness	STH	mm	کولیس Calliper
22	دوقلویی Double kernel	DK	code	۱= فاقد دوقلویی، ۳= کم، ۵= متوسط، ۷= زیاد، ۹= خیلی زیاد 1= no double kernel, 3 = little, 5 = moderate, 7 = high, 9 = very high
23	درصد پوکی Percentage of blank kernel	PBK	%	تعداد مغزهای پوک در نمونه صدتایی The number of blank kernel in a 100 kernels

ادامه جدول ۲- صفات، علامت اختصاری، واحد و روش اندازه‌گیری در ارقام و ژنوتیپ‌های بادام مورد بررسی

Continued Table 2- Traits, abbreviation, unit and measurement method in investigated varieties and genotypes of almond

شماره Number	صفت Attribute	علامت اختصاری Abbreviation	واحد Unit	روش اندازه‌گیری Measurement method
24	رنگ مغز Kernel color	KCl	code	۱= خیلی روشن، ۳= روشن، ۵= متوسط، ۷= تیره، ۹= خیلی تیره 1=very light, 3=light, 5=medium, 7=dark, 9=very dark
25	چروکیدگی مغز Shrinkage of kernel	SK	code	۱= فاقد چروکیدگی، ۳= چروکیدگی کم، ۵= چروکیدگی متوسط، ۷= چروکیدگی زیاد 1=no shrinkage, 3 = slightly wrinkled, 5 = Intermediate, 7 = wrinkled
26	سختی پوست چوبی Shell hardness	SH	code	۱= خیلی سخت، ۳= سخت، ۵= نیمه سخت، ۷= نازک، ۹= کاغذی 1=very hard, 3=hard, 5=semi-hard, 7=thin, 9=papery
27	درز و شکاف روی پوست Suture opening of the shell	SOS	code	۱=بسته، ۳=نیمه باز، ۵=باز 1= Excellent seal (no openings), 3= Open (about 2 mm), 5= very wide
28	درصد مغز Percentage of kernel	PK	%	وزن صد عدد مغز به صد عدد خشک‌میوه Weight of 100 kernels /weight of 100 nuts
29	نسبت عرض به طول مغز (KR1) Kernel width/kernel length ratio	KW/KL		عرض مغز به طول مغز Kernel width/kernel length
30	نسبت ضخامت به طول مغز(KR2) Kernel thickness/kernel length ratio	KTH/KL		ضخامت مغز به طول مغز Kernel thickness/kernel length
31	نسبت ضخامت به عرض مغز (KR3) Thickness/kernel width ratio kernel	KTH/KW		ضخامت مغز به عرض مغز kernel thickness/kernel width
32	نسبت وزن مغز به وزن خشک‌میوه (KNR) Kernel weight/nut weight ratio	KWT/NWT		وزن مغز به وزن خشک‌میوه Kernel weight/nut weight
33	عملکرد Yeild		g	میانگین وزن خشک محصول هر واحد آزمایشی
34	عادت باردهی Location of flower buds		code	۱= بیشتر روی شاخه یک‌ساله (تیپ شاخه)، ۲= بیشتر روی اسپور (تیپ اسپور)، ۳= روی شاخه و اسپور (تیپ مختلط) 1=most flower buds on one year old shoots, 2=most flower buds on spurs, 3=mixed
35	زمان آغاز گل‌دهی Season of flowering		code	۱= خیلی زود، ۲= خیلی زود تا زود، ۳= زود، ۴= زود تا متوسط، ۵= متوسط، ۶= متوسط تا دیر، ۷= دیر، ۸= دیر تا خیلی دیر، ۹= خیلی دیر 1=extremely early, 2=very early, 3=early, 4=early/intermediate, 5=intermediate, 6=intermediate/late, 7=late, 8= very late, 9=extremely late
36	زمان رسیدن میوه Harvest maturity		code	۱= خیلی زود، ۳= زود، ۵= متوسط، ۷= دیر، ۹= خیلی دیر 1=extremely early, 3=early, 5= medium, 7=late, 9= extremely late

بیشترین نسبت عرض به طول خشک‌میوه در ژنوتیپ‌های GA۱۲ و GA۲۷ و کمترین میزان در ژنوتیپ GA۳۶ مشاهده شد. نسبت عرض به طول خشک‌میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری با نسبت ضخامت به عرض خشک‌میوه (r=۰/۷) داشت (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین نسبت ضخامت به طول و عرض خشک‌میوه در ژنوتیپ GA۲۷ و کمترین نسبت در ژنوتیپ GA۳۶ مشاهده شد (جدول ۶).

براساس نتایج، میزان عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف به‌طور معنی‌داری متفاوت است. بیشترین میزان عملکرد در ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۱۶، GA۲۶، GA۱۰، GA۳۱، GA۱۴، GA۲۲، GA۲۳، GA۲۵، GA۱۹، GA۳۳، GA۲۷، GA۲۴ و GA۲۹ و کمترین عملکرد در ژنوتیپ‌های GA۳۲، GA۳۰ و GA۷ مشاهده شد. تاریخ گل‌دهی در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار داشت و از متوسط گل تا بیش از حد دیرگل متفاوت بود (جدول ۷). ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۹، GA۳۰ و GA۳۳ از نظر زمان

گل‌دهی متوسط، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۴ و GA۳۶ نسبتاً دیرگل، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۱، GA۳۴، GA۵، GA۲۷، GA۱۹، GA۲۳، GA۱۴، GA۳۱، GA۲۶ و GA۲۰ خیلی دیرگل و ژنوتیپ‌های GA۲۸، GA۸، GA۲۵ و GA۷ بیش از حد دیرگل بودند. عادت گل‌دهی (باردهی) در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۷). ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۹، GA۳۳، GA۳۰، GA۲ و GA۳۴ گل‌دهی روی شاخه یک‌ساله، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۴، GA۳، GA۹، GA۱۲، GA۲۱، GA۱۸، GA۱۹، GA۲۳، GA۱۴، GA۲۰ و GA۲۵ گل‌دهی بیشتر روی اسپور و گل‌دهی سایر ارقام و ژنوتیپ‌ها به‌صورت مختلط بود. زمان برداشت در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف از زود تا خیلی دیر متفاوت بود. ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۹، GA۳۳ و GA۲۴ زودرس، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۳۰، GA۲۱، GA۳۶، GA۱۳، GA۱۱، GA۶، GA۴، GA۳۵، GA۲۲، GA۱۰، GA۱۶، GA۲۷ و GA۲۸ از نظر زمان رسیدن متوسط و ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۲۵ و GA ۱۵ خیلی دیررس بودند. سایر ارقام و ژنوتیپ‌ها دیررس بودند (جدول ۷).

بحث

یکی از روش‌های به‌نژادی بادام و دستیابی به ارقام جدید، انتخاب ژنوتیپ‌های امیدبخش و ارزیابی تکمیلی آن‌ها در کنار ارقام تجاری است، که ضمن حفظ ذخائر توارثی و ژرم‌پلاسم، می‌توان به ارقام جدید با صفات مطلوب دست پیدا کرد. در این پژوهش، ۳۶ ژنوتیپ امیدبخش بادام روی پایه GN۱۵ (سازگار با تغییرات آب در دسترس) (Ranjbar & Imani, 2022)، پیوند زده شد و صفات رویشی و مشخصات خشک‌میوه و مغز درختان جوان حاصل، در سال اول باردهی جهت انتخاب ژنوتیپ برتر اندازه‌گیری شد. براساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری صفات رویشی، قطر پایه و پیوندک و طول شاخه یک‌ساله در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی، قدرت رشد پایه رویشی GN قابل توجه بود. افزایش شاخص‌های رشد، افزایش جذب و غلظت عناصر غذایی پر مصرف و کم‌مصرف در پایه‌های GN قبلاً بیان شده و مؤید این مطلب است (Safavi *et al.*, 2023). براساس نتایج مقایسه میانگین صفات رویشی، بیشترین ارتفاع در ژنوتیپ‌های GA۴، GA۳ و GA۳۵ بیشترین عرض تاج‌پوشش درخت در ژنوتیپ‌های GA۵، GA۱۷ و GA۳ و بیشترین قطر پایه و پیوندک در ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۱۵ و GA۵ و بیشترین طول و قطر شاخه یک‌ساله در ژنوتیپ GA۱۸ مشاهده شد. رشد طولی گیاهان از تقسیم و طویل شدن سلول‌ها در اثر فعالیت مریستم انتهایی و رشد قطری در نتیجه فعالیت مریستم جانبی می‌باشد، بنابراین افزایش ارتفاع و رشد طولی در نتیجه افزایش فعالیت مریستم انتهایی رخ می‌دهد. ارتفاع گیاه به‌شدت به محیط رشد بستگی دارد. پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه باید آب کافی در اختیار داشته باشد، افزایش تورژسانس سلول‌های در حال رشد در اثر جذب آب منجر به طویل شدن سلول‌ها شده و افزایش ارتفاع رخ می‌دهد (Taiz & Zeiger, 2010). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات خشک‌میوه و مغز دارای تفاوت معنی‌دار هستند که بیانگر این است که این ارقام و ژنوتیپ‌ها به‌عنوان منبع ژرم‌پلاسم خوب برای برنامه‌های به‌نژادی در نظر گرفته شود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ژنوتیپ ۳۵ پیوند شده روی پایه GN۱۵ بیشترین طول، عرض و قطر خشک‌میوه، بیشترین وزن خشک و وزن مغز، رنگ مغز روشن، مغز بدون چروکیدگی و بیشترین درصد مغز و بیشترین نسبت وزن مغز به‌وزن خشک‌میوه را دارا بود. براساس مطالعه حاضر، بیشترین عملکرد در ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۱۶ و GA۲۶ مشاهده شد. از نظر صفت دوقلویی در اکثر ارقام میزان کمی مشاهده شد. میزان دوقلویی در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از صفر تا زیاد متغیر بود. لقاح دو تخمک در تخمدان بادام و سپس رشد هر دو تخمک باعث پدیده دوقلویی در بادام می‌شود. دوقلویی یک صفت منفی است که باعث تغییر شکل مغزها و کاهش ارزش تجاری بادام می‌شود، علاوه‌براین کیفیت محصول و بازاریابی بسته به درصد دوقلویی کاهش می‌یابد (Janick & Moore, 1996). وقوع این پدیده به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه دمای پایین در مرحله قبل از گل‌دهی گزارش شده است (Arteaga & Sociasi Company, 2001) یک برنامه تلقیح متعادل و کشت ژنوتیپ‌های مناسب در مناطق معتدل می‌تواند این مشکل را کاهش دهد (Gouta *et al.*, 2019) سفتی پوسته در ژنوتیپ‌های مورد بررسی از پوست سخت تا پوست کاغذی متغیر بود. پوسته یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های پرورش بادام است. گزارش شده است که ژنوتیپ‌های پوسته سخت نسبت به حشرات و آلودگی‌های قارچی مقاوم‌تر هستند، درحالی‌که ژنوتیپ‌های پوسته نرم به‌شدت مستعد آسیب‌های ناشی از این عوامل هستند (Gradziel & Martínez-Gómez, 2002; Khadivi-Khub & Etemadi-Khah, 2015). بر این اساس، برنامه‌های اصلاحی به ژنوتیپ مورد استفاده بستگی دارد، به‌طوری‌که در مورد ژنوتیپ‌های پوسته نرم، باید منابع مقاوم در برابر حشرات و قارچ‌ها را یافت (Khadivi *et al.*, 2022).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات رویشی ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام پیوند شده روی پایه GN در سال اول

Table 3- ANOVA for the vegetative traits of 36 promising almond cultivars and genotypes grafted on GN rootstock in the first year

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares								
		ارتفاع درخت Tree height	طول تاج‌پوشش درخت Canopy length	عرض تاج‌پوشش درخت Crown width	قطر پایه Rootstock diameter	قطر پیوندک Scion diameter	طول شاخه Branch length	قطر شاخه Branch diameter	نسبت طول به عرض تاج‌پوشش درخت Canopy length/canopy width	نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت Tree height/canopy length
بلوک Block	2	306.69	1668.59	1174.36	8.129	7.936	55.067	0.212	0.0106	0.086
ژنوتیپ Genotype	35	2253.93**	1306.19 ns	1275.15**	151.33**	138.05**	748.95**	3.733**	0.0261 ns	0.96 **
خطا Error	70	822.94	934.49	881.97	40.422	41.365	60.24	0.369	0.022	0.048
ضریب تغییرات CV (%)		14.73	18.64	19.49	12.28	12.51	14.44	8.12	13.69	18.07

ns، ** و *: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: non-significant, and significant at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$, respectively

جدول ۴- صفات رویشی ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام پیوند شده روی پایه GN15

Table 4-The vegetative traits of 36 promising almond cultivars and genotypes grafted on GN15 rootstock

ژنوتیپ‌ها Genotypes	ارتفاع درخت Tree height (cm)	عرض تاج‌پوشش درخت Canopy width (cm)	قطر پایه Rootstock diameter (mm)	قطر پیوندک Scion diameter (mm)	طول شاخه Branch length (cm)	قطر شاخه Branch diameter (mm)	نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت Tree height/canopy length
GA1	215.67 a-e*	167a-e	59.17 a-d	54.73 a-f	44.17f-j	7.2 e-i	1.29 a-f
GA 2	171d-f	159.33a-f	53.1 a-h	48.1 b-g	41.3g-k	6.23 i-l	0.91 fg
GA 3	252ab	183.67a-c	58.2 a-d	56.93 a-d	49.1e-i	6.9 f-j	1.42 a-e
GA 4	260.33 a	169.33a-e	53.13 a-h	50.47 a-g	76.37ab	9.4 ab	1.36 a-e
GA 5	169.33 d-f	202a	60.53 a-c	59.83 a-c	64.53b-d	6j–l	0.81 g
GA 6	161ef	155.67a-f	50.8 b-i	56.2 a-e	41.97g-k	7.47 d-h	0.99 d-g
GA 7	201b-e	170.67a-e	51.57 a-h	48.5 b-g	19.2l	5.17 l	1.11 b-g
GA8	198.67 b-e	156.67a-f	57a-f	52.5 a-g	77.47ab	8.53 b-d	1.22 a-g
GA 9	158.33 ef	156.33a-f	46.77 d-j	53.1 a-g	49.2e-i	8.03 c-f	0.97 e-g
GA 10	203.33 b-e	144a-f	55.8 a-g	55.2 a-f	53.3d-g	8.07 c-f	1.31 a-f
GA 11	172.33 d-f	120.33d-f	36.07 j	32.87 h	28.03kl	6.57 g-k	1.41 a-e
GA 12	178.67 c-f	158.33a-f	44.43 f-j	43.9 e-h	72.3a-c	8.47 b-d	1.35 a-f
GA 13	183c-f	146.33a-f	41.67 h-j	43.6 e-h	43.37g-j	6.97 f-j	1.21 a-g
GA 14	198.33 b-e	153.33a-f	49.7 b-i	52.5 a-g	52.4d-h	7.2 e-i	1.11 b-g
GA 15	203.67 b-e	134.67b-f	62ab	60.7 ab	75.6ab	8.77 a-c	1.35 a-f
GA 16	179c-f	146.67a-f	48.17 c-j	48.93 b-g	43.93f-j	5.13 l	1.15 a-g
GA 17	224.67 a-d	190ab	58.97 a-d	54.13 a-f	58.73c-f	7.23 e-i	1.12 b-g
GA 18	187c-f	157a-f	44.57 f-j	43.1 f-h	80.93a	9.83 a	1.04 c-g
GA 19	225a-d	153a-f	51.37 a-i	55.9 a-f	51.7d-i	7.47 d-h	1.34 a-f
GA 20	188.67 c-f	148.33a-f	64.07 a	62.87 a	42.5g-k	6.37 h-k	1.16 a-g
GA 21	168.33 d-f	147a-f	53.27 a-h	51.57 a-g	68.5a-c	8.43 b-d	1.15 a-g
GA 22	189c-f	143.67a-f	45.73 f-j	46.3 d-g	66.07a-d	7.63 c-g	1.14 b-g
GA 23	202b-e	179a-d	50.07 b-i	52.6 a-g	49.47e-i	6.87 f-j	1.18 a-g
GA 24	210.33 a-e	127.67c-f	43.6 g-j	46.87 c-g	70.37a-c	9.23 ab	1.41 a-e
GA 25	197.33 b-e	138.33b-f	47.93 c-j	48.33 b-g	75.7ab	8.77 a-c	1.42 a-d
GA 26	231.67 a-c	137.33b-f	44.5 f-j	46.53 d-g	65.6b-d	8.37 b-e	1.6 a
GA 27	183.33 c-f	146.67a-f	41.53 h-j	40.43 gh	60.57c-e	7.47 d-h	1.16 a-g
GA28	191.67 c-e	178.33a-d	54.47 a-g	54.77 a-f	37.67h-k	5.7 kl	0.97 e-g
GA29	187.67 c-f	164.67a-e	46.1 f-j	43.1 f-h	47.97e-i	7.63 c-g	1.18 a-g
GA 30	134.33 f	115.67ef	58.97 a-d	58.73 a-d	44.23f-j	7.47 d-h	0.99 d-g
GA 31	183.67 c-f	130.33b-f	58.2 a-d	58.73 a-d	77.03ab	8.6 b-d	1.18 a-g
GA 32	178c-f	104.33f	38.93 ij	40.43 gh	54d-g	7.17 e-j	1.35 a-e
GA 33	158.33 ef	128.33c-f	60.07 a-c	57.03 a-d	36.67i-k	7.43 d-h	1.16 a-g
GA 34	206a-e	151.67a-f	58.17 a-d	59.2 a-d	42.53g-k	7.93 c-f	1.44 a-c
GA 35	251ab	162.67a-f	57.03 a-f	58.33 a-d	31.4j-l	6.6 g-k	1.34 a-f
GA 36	203.33 b-e	154.67a-f	56.73 a-f	53.27 a-g	40.8g-k	7.17 e-j	1.49 ab

* در هرستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's multiple range test.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات خشک‌میوه و مغز ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام پیوند شده روی پایه GN15

Table 5- ANOVA for the nut and kernel traits of 36 promising almond cultivars and genotypes grafted on GN15 rootstock

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares											
		طول خشک‌میوه Nut length	عرض خشک‌میوه Nut width	قطر خشک‌میوه Nut thickness	وزن خشک‌میوه Nut weight	وزن مغز Kernel weight	طول مغز Kernel length	عرض مغز Kernel width	قطر مغز Kernel thickness	ضخامت پوسته چوبی Shell thickness	دوقلویی Double kernel	درصدپوکی Percentage of blank kernel	رنگ مغز Kernel color
بلوک Block	2	1.1872	2.282*	1.727**	0.634**	0.211**	5.856	0.543	0.223**	0.244**	0.009 n.s	0.148	2.033
ژنوتیپ Genotype	35	69.952 **	32.262**	9.541**	5.673**	1.489**	46.658**	11.276**	4.897**	1.863**	0.333**	1.933**	13.44**
خطا Error	70	0.519	0.4657	0.288	0.105	0.0215	4.601	0.266	0.0425	0.0310	0.0187	0.0624	2.01
ضریب تغییرات CV (%)		2.16	3.34	3.98	11.79	14.67	9.24	4.19	3.36	5.48	1.003	5.56	5.66

ns، ** و *: به‌ترتیب عدم معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: non-significant, and significant at P≤0.01 and P≤0.05, respectively

ادامه جدول ۵- تجزیه واریانس صفات خشک‌میوه و مغز ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام روی پایه GN15

Continued Table 5– ANOVA for the nut and kernel traits of 36 promising almond cultivars and genotypes grafted on GN15 rootstock

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares										
		چروکیدگی مغز Shrinkage of kernel	سفتی پوست Shell hardness	درز و شکاف روی پوست Suture opening of the shell	درصد مغز Percentage of kernel	نسبت عرض به طول مغز Kernel width/kernel length	نسبت ضخامت به طول مغز Kernel thickness/kernel length	نسبت ضخامت به عرض مغز Kernel thickness/kernel width	نسبت وزن مغز به وزن خشک‌میوه Kernel weight/nut weight	نسبت عرض به طول خشک‌میوه Nut width/nut length	نسبت ضخامت به طول خشک‌میوه Nut thickness/nut length	نسبت ضخامت به عرض خشک‌میوه Nut thickness/nut width
بلوک Block	2	0.037	0.064	0.098	1.758	0.204**	0.205**	0.204**	0.184**	0.203**	0.204**	0.202**
ژنوتیپ Genotype	35	1.476**	18.77**	10.971**	355.83**	0.033**	0.038**	0.059**	0.063**	0.026**	0.026**	0.031**
خطا Error	70	0.017	0.093	0.028	14.93	0.009	0.0091	0.0091	0.011	0.009	0.009	0.009
ضریب تغییرات CV (%)		3.17	4.2	6.3	10.8	15.53	26.5	16.1	23.6	13.6	19.3	12.8

ns، ** و *: به‌ترتیب عدم معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: non-significant, and significant at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$, respectively

جدول۶- صفات خشک‌میوه و مغز ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام روی پایه GN15

Table 6- The nuts and kernels traits of 36 promising almond cultivars and genotypesgrafted on GN15

ژنوتیپ‌ها Genotypes	طول خشک‌میوه Nut length (mm)	عرض خشک‌میوه Nut width (mm)	قطر خشک‌میوه Nut thickness (mm)	وزن خشک‌میوه Nutweight (g)	وزن مغز Kernel weight (g)	طول مغز Kernel length (mm)	عرض مغز Kernel width (mm)	قطر مغز Kernel thickness (mm)	ضخامت پوسته چوبی Shell thickness (mm)	دوقلویی Double kernel (code)	پوکی Percentage of blank kernel (%)	رنگ مغز Kernel color (code)
GA1	27.8 n*	14.3 p	9.9 o	0.730 n	0.4 m	15.9 no	9.4 s	3.9 p	2.9 k-m	3a	4a	5b
GA 2	23.8 p	15.9 o	12.93 ij	1.36 k-m	0.6 k-m	18.2 n	10.8 m-q	6.9 bc	2.8 lm	3a	4a	1c
GA 3	41.6 b	24.4 c	14.25 e-g	4.75 bc	1.4 bc	27b-e	15a-c	6.2 e-h	3.4 g-i	3a	2b	5b
GA 4	40.5 bc	23.2 c-e	15.95 bc	4.21 c	1.2 cd	26.7 b-e	13.9 de	6.4 de	3.9 cd	3a	4a	1c
GA 5	25o	16.4 no	12.13 j-l	1.24 l-n	0.7 h-l	19.6 j-n	10.2 o-s	4.4 o	3.2 g-j	3a	4a	5b
GA 6	34.6 hi	16.5 no	11.42 l-n	2.33 g-i	0.7 j-m	22.9 e-k	11.1 k-o	5.5 kl	2.6 m-o	3a	4a	5b
GA 7	35.1 gh	19jk	13h-j	2.67 e-h	0.9 d-j	25.6 c-h	11.8 h-l	6.1 e-h	2.9 k-m	3a	2b	5b
GA8	33.6 ij	22.8 d-f	15.39 cd	4.17 c	1.1 d-f	24.3 d-i	14.6 b-d	6.6 cd	3.8 de	3a	4a	1c
GA 9	32.6 jk	18.9 jk	10.98 mn	1.51 j-m	0.9 e-k	22.9 e-k	12.2 g-j	6g-j	2.3 op	3a	4a	5b
GA 10	36.2 fg	26.1 b	16.40 b	5.22 b	1.2 cd	24.5 d-i	15.4 ab	7.2 b	4.1 c	3a	4a	5b
GA 11	30.7 lm	16.7 no	10.47 no	1.02 mn	0.4 m	12.6 o	7.2 t	4.6 no	3.8 de	3a	4a	1c
GA 12	25.2 o	17.4 mn	11.8 k-m	1.27 l-n	0.8 h-l	18.9 k-n	12.8 f-h	6.9 bc	1.8 r	3a	4a	5b
GA 13	28n	15.5 o	10.75 no	1.66 j-l	0.7 h-l	20.8 i-l	9.9 q-s	5.4 kl	2.8 lm	3a	2b	5b
GA 14	32.6 jk	18.7 j-l	12.66 i-k	2.78 d-g	0.8 e-k	23.6 d-j	11.7 i-m	5mn	3.3 g-j	3a	4a	1a
GA 15	33.1 j	23.6 cd	13.98 f-h	2.09 h-j	0.9 d-j	21.7 g-l	12.7 f-i	6.6 cd	3.3 g-j	3a	4a	1c
GA 16	30.6 lm	21.3 gh	15.16 c-e	2.92 d-g	1d-i	22.8 e-k	13.3 ef	7.1 b	3.5 e-g	3a	4a	1c
GA 17	35.3 gh	21.1 gh	13.16 hi	2.90 -g	0.9 d-j	24.2 d-i	13.3 ef	6.4 d-f	3.2 h-k	3a	2b	5b
GA 18	34.6 hi	22.7 d-f	15.7 bc	4.18 c	1.1 d-g	25.3 c-h	14.2 cd	6f-j	4.1 c	3a	4a	5b
GA 19	30.6 lm	21.7 fg	13.47 g-i	2.56 e-h	0.8 g-l	21.5 h-l	14.4 cd	6.1 e-i	3i-l	3a	4a	1c
GA 20	32.9 j	23.6 cd	14.2 d-f	3.08 de	1d-i	22.5 g-l	14.7 b-d	6.2 e-h	2.7 l-n	3a	4a	5b
GA 21	37.3 ef	21.6 fg	13.41 g-i	1.9 i-k	0.9 e-k	25.9 c-g	12.2 g-j	5.7 jk	2.1 pq	3a	4a	5b
GA 22	31lm	20.3 hi	14f-h	2.4 f-i	0.5 lm	18.6 ln	10.9 l-p	6.4 d-h	2qr	3a	2b	7a
GA 23	26.8 n	16.7 no	11.2 l-n	1.6 j-m	0.7 i-l	19.7 j-n	10p-s	6.3 d-h	2.4 o	3a	4a	1c
GA 24	30.2 m	21.3 gh	14.6 d-f	1.8 i-l	1d-h	20.8 i-l	12.2 g-j	12.2 a	5.8 a	3a	4a	5b
GA 25	32.8 jk	22fg	13.4 g-i	3de	0.8 f-k	22.6 g-l	12.9 fg	6.4 d-f	3.4 gh	3a	4a	1c
GA 26	35gh	23.2 c-e	15.1 c-e	3.3 d	0.8 e-k	32.2 a	12.3 g-i	5.3 lm	3.7 d-f	1b	4a	1c
GA 27	27.7 n	18.7 j-l	14.3 e-g	2.1 h-j	0.8 h-l	19.3 k-n	12.1 g-k	6.4 de	2.8 lm	3a	4a	5b
GA28	31.6 kl	17.5 l-n	12.7 i-k	2.3 g-i	1d-i	24.1 d-i	11.3 j-n	6h-j	2.8 lm	3a	4a	5b
GA29	39.9 c	19.5 ij	12.5 i-k	2i-k	1d-i	26.5 b-e	11.9 g-k	5.8 i-k	2.5 no	3a	4a	1c
GA 30	33.5 ij	18k-m	11.8 k-m	1.9 i-k	0.7 i-l	21.9 g-l	10.5 n-r	5.1 lm	3j-l	3a	2b	5b
GA 31	35.4 gh	17.4 mn	12.5 i-k	3d-f	0.9 e-k	25.3 c-h	9.7 rs	5.3 lm	2.7 l-n	3a	4a	5b
GA 32	35.2 gh	23.7 cd	14.3 e-g	3.4 d	1.1 de	25.9 c-g	14.3 cd	6.4 de	3.5 e-h	3a	2b	5b
GA 33	33.1 j	18.7 j-l	14.3 e-g	3.4 d	1d-j	24.1 d-i	12.1 g-j	6.4 d-g	3.9 cd	3a	4a	5b
GA 34	39.4 cd	23.9 cd	14.2 e-g	4.3 c	1.5 b	29.3 a-c	14.8 b-d	6.6 cd	3.5 e-h	3a	4a	1c
GA 35	45.4 a	28.2 a	17.9 a	7.7 a	4.9 a	30.1 ab	15.8 a	5.3 lm	4.9 b	3a	4a	1c
GA 36	38.4 de	22e-g	14.5 d-f	2.7 e-h	0.9 e-k	27.3 b-d	12.1 g-k	5.7 i-k	3.4 f-h	3a	4a	1c

* در هرستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's multiple range test.

ادامه جدول ۶- صفات خشک‌میوه و مغز ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام پیوند شده روی پایه GN15

Continued Table 6- The nuts and kernels traits of 36 promising almond cultivars and genotypes grafted on GN15

ژنوتیپ‌ها Genotypes	چروکیدگی Shrinkage kernel of (code)	سفتی پوست Shell hardness (code)	درز و شکاف روی پوست Suture opening of the shell (code)	درصد مغز Percentage of kernel (%)	نسبت عرض به طول مغز Kernel width/kernel length	نسبت ضخامت به طول مغز Kernel thickness/kernel length	نسبت ضخامت به عرض مغز Kernel thickness/kernel width	نسبت وزن مغز به وزن خشک‌میوه Kernel weight/nut weight	نسبت عرض به طول خشک‌میوه Nut width/nut length	نسبت ضخامت به طول خشک‌میوه Nut thickness/nut length	نسبت ضخامت به عرض خشک‌میوه Nut thickness/nut width
GA1	5a*	9a	5a	52.7 b	0.69 a-c	0.34 c-i	0.51 f-k	0.63 a-d	0.61 d-i	0.45 d-g	0.79 a-i
GA 2	3b	7b	5a	40.1 cd	0.71 a-c	0.49 b-d	0.75 bc	0.23 l	0.79 a-e	0.66 ab	0.93 ab
GA 3	3b	5c	1b	27.9 g-j	0.67 a-c	0.35 c-i	0.53 e-k	0.52 b-i	0.7 a-g	0.46 c-g	0.7 e-k
GA 4	5a	5c	5a	27.5 g-j	0.59 c-e	0.31 d-i	0.53 e-k	0.4 f-l	0.64 c-i	0.46 c-g	0.75 b-k
GA 5	3b	9a	5a	55.8 b	0.6 c-e	0.3 d-i	0.51 f-k	0.34 g-l	0.73 a-f	0.56 a-e	0.82 a-h
GA 6	5a	7b	5a	26.8 g-j	0.54 c-f	0.29 e-j	0.54 e-k	0.64 a-d	0.53 g-i	0.38 e-g	0.74 b-k
GA 7	3b	9a	1b	32.8 d-h	0.56 c-f	0.34 c-i	0.62 b-i	0.32 h-l	0.64 c-i	0.47 b-g	0.78 a-j
GA8	3b	3d	1b	24.4 j	0.7 a-c	0.37 b-i	0.55 d-k	0.43 d-l	0.78 a-e	0.56 a-e	0.77 a-j
GA 9	3b	9a	5a	53.1 b	0.69 a-c	0.42 b-f	0.64 b-h	0.34 g-l	0.74 a-f	0.49 b-f	0.73 c-k
GA 10	3b	3d	1b	23.4 j	0.63 b-d	0.3 d-i	0.47 h-k	0.69 a-c	0.72 a-g	0.45 d-g	0.63 h-k
GA 11	3b	9a	5a	33.5 d-h	0.69 a-c	0.48 b-e	0.76 bc	0.45 d-k	0.66 b-i	0.46 c-g	0.74 b-k
GA 12	3b	9a	5a	54.1 b	0.85 a	0.54 b	0.71 b-e	0.72 ab	0.87 a	0.65 a-c	0.86 a-f
GA 13	3b	3d	1b	39.7 c-e	0.59 c-e	0.38 b-h	0.66 b-h	0.52 b-i	0.67 b-h	0.5 b-f	0.81 a-i
GA 14	3b	3d	5a	26.2 h-j	0.65 b-d	0.36 b-i	0.58 c-j	0.42 e-l	0.73 a-f	0.55 a-f	0.83 a-g
GA 15	3b	9a	5a	45.1 c	0.58 c-e	0.31 d-i	0.53 e-k	0.45 d-k	0.72 a-g	0.43 d-g	0.59 jk
GA 16	3b	3d	5a	33.2 d-h	0.59 c-e	0.32 d-i	0.54 e-k	0.33 g-l	0.7 a-g	0.5 b-f	0.71 e-k
GA 17	3b	5c	5a	34.4 d-g	0.55 c-f	0.26 f-j	0.48 h-k	0.35 g-l	0.6 e-i	0.38 e-g	0.63 h-k
GA 18	5a	5c	5a	23.8 j	0.68 a-c	0.35 c-i	0.54 e-k	0.36 f-l	0.77 a-f	0.57 a-e	0.81 a-i
GA 19	3b	7b	5a	30.9 f-j	0.67 a-c	0.28 f-j	0.43 jk	0.31 i-l	0.71 a-g	0.44 d-g	0.62 i-k
GA 20	3b	5c	5a	32.4 e-i	0.66 a-d	0.28 f-j	0.42 jk	0.32 h-l	0.72 a-g	0.45 d-g	0.62 i-k
GA 21	3b	9a	1b	44.5 c	0.47 d-g	0.22 g-j	0.47 h-k	0.45 d-k	0.58 f-i	0.36 fg	0.62 i-k
GA 22	5a	9a	5a	28.8 g-j	0.59 c-e	0.35 c-i	0.59 c-j	0.29 j-l	0.66 b-i	0.45 d-g	0.68 f-k
GA 23	5b	7b	1b	39.5 c-e	0.67 a-c	0.48 b-e	0.79 b	0.56 b-f	0.79 a-e	0.58 a-d	0.84 a-g
GA 24	3b	9a	1b	54.4 b	0.71 a-c	0.71 a	1.13 a	0.67 a-c	0.84 ab	0.61 a-d	0.81 a-i
GA 25	3b	5c	5a	23.5 j	0.72 a-c	0.43 b-f	0.64 b-h	0.38 f-l	0.82 a-c	0.56 a-e	0.76 b-j
GA 26	3b	3d	5a	24j	0.42 e-g	0.19 ij	0.44 i-k	0.24 kl	0.67 b-i	0.44 d-g	0.65 g-k
GA 27	3b	3d	5a	29.1 g-j	0.82 ab	0.53 bc	0.73 b-d	0.49 c-j	0.87 a	0.71 a	0.96 a
GA28	3b	9a	5a	37.2 d-f	0.63 b-d	0.4 b-h	0.68 b-f	0.53 b-h	0.71 a-g	0.56 a-e	0.88 a-e
GA29	3b	9a	5a	45.1 c	0.61 c-e	0.38 b-h	0.65 b-h	0.62 a-e	0.66 b-i	0.48 b-f	0.81 a-i
GA 30	3b	9a	5a	27.5 g-j	0.74 a-c	0.49 b-d	0.75 bc	0.54 b-g	0.8 a-d	0.62 a-d	0.92 a-c
GA 31	3b	3d	1b	27.8 g-j	0.39 fg	0.21 h-j	0.56 d-k	0.28 j-l	0.5 hi	0.36 fg	0.72 d-k
GA 32	3b	5c	1b	32.4 e-i	0.6 c-e	0.3 d-i	0.5 f-k	0.37 f-l	0.72 a-g	0.46 c-g	0.65 g-k
GA 33	3b	3d	1b	25.2 ij	0.65 b-d	0.41 b-g	0.67 b-g	0.4 f-l	0.71 a-g	0.58 a-d	0.91 a-d
GA 34	3b	5c	1b	32.5 e-i	0.7 a-c	0.42 b-f	0.64 b-h	0.52 b-i	0.8 a-d	0.56 a-e	0.79 a-i
GA 35	3b	3d	5a	63a	0.67 a-c	0.32 d-i	0.48 g-k	0.78 a	0.77 a-f	0.54 a-f	0.78 a-j
GA 36	3b	7b	5a	34.4 d-g	0.34 g	0.11 j	0.38 k	0.25 kl	0.48 i	0.28 g	0.56 k

* در هرستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's multiple range test

جدول۷- عملکرد و صفات فنولوژیک ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام روی پایه GN15

Table 7- The yield and phenological traits of 36 promising almond cultivars and genotypes on GN15 rootstock

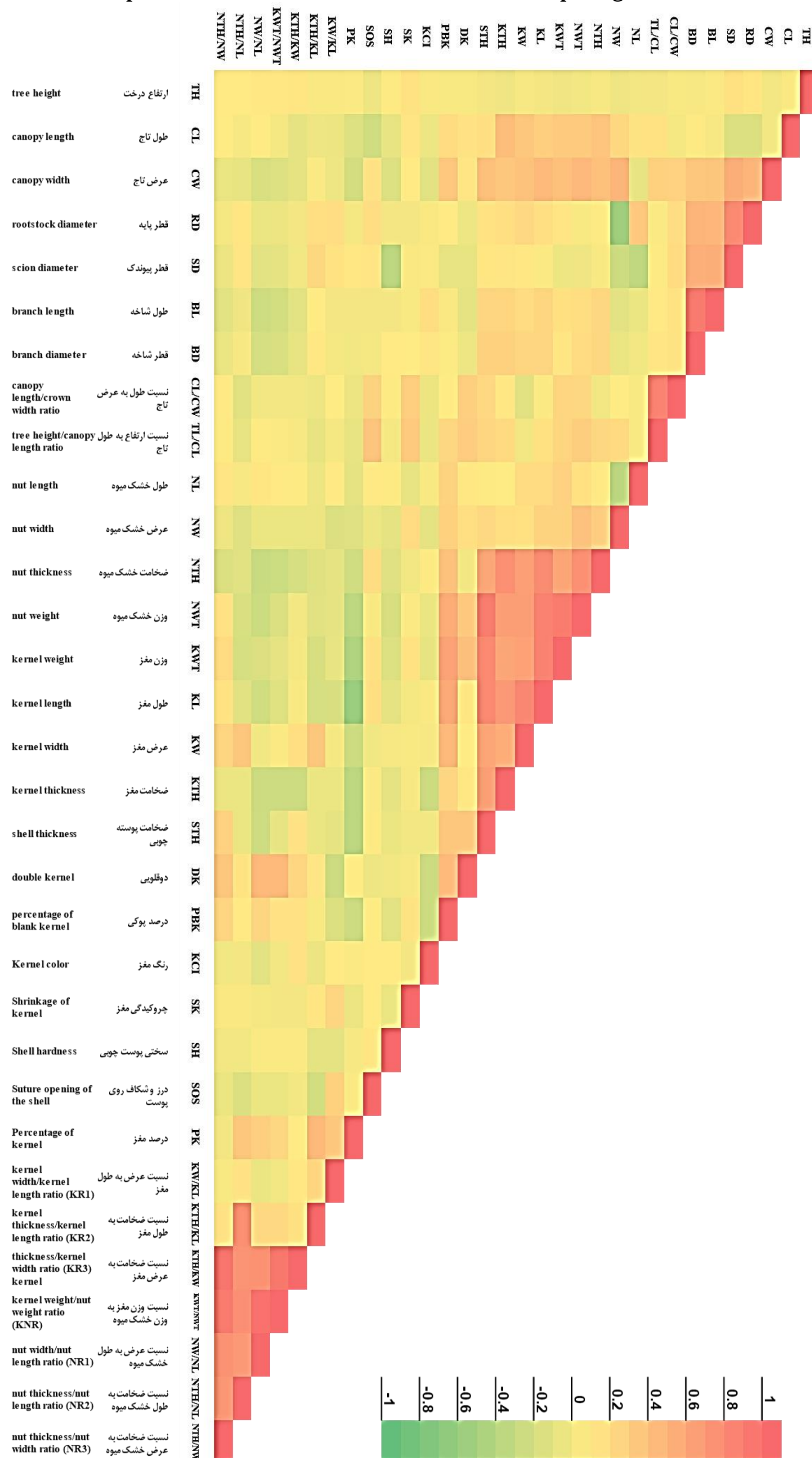
ژنوتیپ‌ها Genotypes	عملکرد Yield (g)	تاریخ گل‌دهی Season of flowering (code)	عادت گل‌دهی Location of flower buds (code)	زمان رسیدن Harvest maturity (code)
GA1	102.8g-i*	8b	3a	7b
GA2	102.2g-i	7c	1c	7b
GA3	1182a	7c	2b	7b
GA4	295.8c-i	7c	3a	5c
GA5	362.3c-i	8b	3a	7b
GA6	249.5d-i	7c	3a	5c
GA7	84hi	9a	3a	7b
GA8	347c-i	9a	3a	7b
GA9	120g-i	7c	2b	7b
GA10	554.2b-e	7c	3a	5c
GA11	196.7e-i	7c	3a	5c
GA12	172f-i	7c	2b	7b
GA13	167.2f-i	7c	3a	5c
GA14	511.7b-f	8b	2b	7b
GA15	93.3hi	7c	3a	9a
GA16	641.7bc	7c	3a	5c
GA17	350c-i	7c	3a	7b
GA18	305.1c-i	7c	2b	7b
GA19	408.5b-h	8b	2b	7b
GA20	720.2b	8b	2b	9a
GA21	227e-i	7c	2b	5c
GA22	463.4b-g	7c	3a	5c
GA23	423.4b-h	8b	2b	7b
GA24	382b-i	6d	2b	3d
GA25	413.3b-h	9a	2b	9a
GA26	606.7b-d	8b	3a	7b
GA27	398.3b-h	8b	3a	5c
GA28	218.3e-i	9a	3a	5c
GA29	382.6b-i	5e	1c	3d
GA30	77hi	5e	1c	5c
GA31	536.8b-e	8b	3a	7b
GA32	29.9i	7c	3a	7b
GA33	408.3b-h	5e	1c	3d
GA34	246.7d-i	8b	1c	7b
GA35	315c-i	7c	3a	5c
GA36	93.6hi	6d	3a	5c

* در هرستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's multiple range test

جدول ۸- نمودارهای حرارتی همبستگی بین صفات ریخت‌شناختی، خشک‌میوه و مغز اندازه‌گیری شده

Table 7- Heat map of the correlation between the measured morphological, nut and kernel traits



محققـان دیگـری در طـول سـال‌هـای مختلـف، خصوصـیات ریخت‌شناسی، فنولوژی و میوه‌شناسی ارقـام و ژنوتیـپ‌هـای مختلـف بادام را بررسی نمودنـد. درسـتکار و همکـاران (Dorostkar et al., 2011) در استان فارس خواص رویشی، ریخت‌شـناختی، خصوصـیات کمّی و کیفی خشک‌میوه و مغز ۲۲ رقم بادام خارجی و ۳۲ ژنوتیـپ از بادام‌های مشهور استان فارس را که قـبلاً جمع‌آوری شـده بودنـد را براساس توصیف‌نامه بین‌المللی بادام (Gülcan, 1985) مورد بررسـی قرار داده و گزارش دادند که در بین ارقام بادام مورد بررسی ارقام بادام شماره ۲۱، ۶، ۱۴، ۳، ۸، ۲۴، ۱۰ و ۷ از نظـر میـزان عملکـرد و سـایر صفات نسبت به دیگـر ارقـام برتـری داشـتند. در پـژوهش مـرادی و موسوی (Moradi & Mousavi, 1999) خصوصیات ریخت‌شناسی و میوه‌شناسی سه رقم بادام محلی چهارمحال بختیاری را تشریح کردند. در پژوهش موسـوی و همکـاران (Mousavi et al., 2020) پـس از بررسی ویژگی‌های کمّی و کیفـی ۵۵ رقـم و ژنوتیـپ بـادام، گـزارش کردند که ژنوتیپ‌ها از نظر تمام صفات کمّی و کیفی نسـبت بـه هـم اختلاف معنی‌دار دارنـد کـه بـا نتـایج ایـن تحقیـق مطابقـت دارد. در پژوهش خدیوی خوب واسـاتی (Khadivi-Khub & Osati, 2016) پس از بررسی ۹۰ نژادگان بادام گزارش کردند که بـین نژادگـان‌هـای مورد بررسی از نظر تمامی صـفات بـه‌ویژه ابعـاد و وزن خشـک‌میوه و مغز، زمان رسیدن، درصد مغز و درصد دوقلـویی اخـتلاف معنـی‌داری وجود داشت که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. وجود تنوع بـالا در صفات خشـک‌میوه و مغـز از جملـه درصـد مغـز، وزن خشـک‌میوه و دوقلویی در سایر پژوهش‌ها (Mousavi et al., 2020; Mousavi et al., 2010; Mousavi et al., 2015; Rasouli et al., 2012; Rasouli et al., 2019) گزارش شده است که با نتایج این پـژوهش مطابقت دارد. وزوایی (Vezvaei, 1985)، ضمن شناسایی ارقام بـادام مناطق مختلف استان تهـران و مرکـزی، خصوصـیات کمّـی وکیفـی محصول این ارقام را جهت انتخاب بهترین ارقـام مـورد بررسـی قـرار داده و ارقام بـادام دیرگـل کاشـان- ۸ ،تفـرش- ۴ و شـمیران- ۱۳را به‌عنوان ارقام برتر انتخاب کرده است. تنوع ریخت‌شناختی زیادی بین ۱۴ رقم داخلی و خارجی بادام در مراکش گزارش شد (Zinelabidine et al., 2015). نتـایج حاصـل از پـژوهش ملهـویی و همکـاران (Melhaoui et al., 2019) نشان داد که تنوع زیادی از نظر صـفات پومولوژیک بین ارقام مختلـف بـادام منطقـه مـراکش وجـود دارد. بـا بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی ۱۹۸ نهال بادام در پژوهش بیگـی و خـدیوی (Beigi & Khadivi, 2023)، ۱۹ ژنوتیـپ دیرگـل و امیدبخش بادام معرفی شد. در مطالعه موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2015) جهت دستیابی به ژنوتیپ‌هـای امیـدبخـش گـردو در استان چهارمحال و بختیای، برخی صفات فنولوژیک و پومولوژیک ۵۸ ژنوتیپ انتخابی طی سه سال مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتـایج این مطالعه، ژنوتیـپ‌هـای ۳، ۵، ۱۵، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۴۲ بـه‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش و قابل توصیه معرفی شدند. در پژوهش رسولی و همکاران (Rasouli et al., 2019) به‌منظور گروه‌بنـدی و مقایسـه ۱۰۰ ژنوتیپ بذری بـادام صـفات رویشـی، خشـک‌میوه و مغـز بـادام اندازه‌گیری شد. براساس نتایج این پژوهش، تنـوع ژنتیکـی خـوبی در این ژنوتیپ‌ها مشاهده شـد و صـفات مربـوط بـه خشـک‌میوه و مغـز بیشترین تأثیر را در جداسازی ارقام و ژنوتیپ‌ها داشتند. در مطالعه پرز سـانچز و مـورال کـورتز (Pérez-Sánchez & Morales-Corts, 2021)، خصوصیات ریخت‌شناسی، میوه‌شناسـی و شـیمیایی ۲۴ رقـم بادام برای سه سال مورد ارزیابی قرار گرفـت، براسـاس ایـن مطالعـه، ارقام José Gorda و Marcelina دارای عملکرد بالا و خشک‌میوه‌هایی با کیفیت بالا (وزن بالا، درصد دوقلـویی پـایین و ارزش غـذایی بـالا) معرفـی شـدند. در مطالعـه خوجنـد (Khojand et al., 2023) برخی ارقام و ژنوتیپ‌های بادام از نظر صفات خشک‌میوه و مغز، میزان روغن و اسیدهای چرب مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به مجمـوع صفات اندازه‌گیری شده در این مطالعه، ژنوتیپ ۱۲۴ D و ارقام سهند، شاهرود۶، صبا و روبی (Ruby) به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتـر و بـا ارزش معرفی شدند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بررسی صـفات رویشـی، فنولوژی، خشک‌میوه و مغز در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی تا حد زیادی توانست تنوع بین ارقـام و ژنوتیـپ‌هـا را نشـان دهـد. ارقـام و ژنوتیپ‌های دارای درصد مغز بیشتر، پوسـت نـازک‌تر، میـزان نقـوش بیشتر روی پوست و رنگ مغز روشن تا متوسط داشتند. نتـایج تجزیـه واریانس نشان داد که صفات ارتفاع درخت، عرض تاج‌پوشش درخـت، قطر پایه و پیوندک، طـول و قطـر شـاخه و نسـبت ارتفـاع بـه طـول تاج‌پوشش درخت در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسـی معنـی‌دار بـود. مطابق با نتایج این مطالعه، تنوع زیادی بین ارقام و ژنوتیپ‌های مـورد بررسی از نظر صفات خشک‌میوه و مغز وجود داشـت کـه بیـانگر ایـن است که این ارقام و ژنوتیپ‌ها مـی‌تواننـد بـه‌عنوان منبـع ژرم‌پلاسـم خوب برای برنامه‌های به‌نژادی در نظر گرفته شود. بیشترین عملکـرد در ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۱۶ و GA۲۶ مشاهده شد. براساس نتایج به‌دست آمده، ارقام و ژنوتیـپ‌هـای GA۵، GA۲۴، GA۱۲، GA۹ و GA۱ از نظر صفات خشک‌میوه و مغز برتری نسبی نشـان دادنـد کـه ژنوتیـپ GA۲۴ نسـبتاً دیرگـل، ژنوتیـپ‌هـای GA۱ و GA۵ خیلـی دیرگل بودند و گل‌دهی ارقام و ژنوتیپ‌های GA۹، GA۱۲ و GA۲۴ روی اسپور و GA۵ و GA۱ مختلط بود. نتایج این مطالعـه نشـان داد که ژنوتیپ ۳۵ پیوند شده روی پایه GN۱۵ ژنـوتیپی دیرگـل، عـادت باردهی مختلط، زمان برداشت (بلوغ) متوسط، بیشترین طول، عرض و قطر خشک‌میوه، بیشترین وزن خشک و وزن مغز، رنگ مغـز روشـن،

مغز بدون چروکیدگی و بیشترین درصد مغز و بیشترین نسبت وزن مغز به وزن خشک‌میوه را دارا بود.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از همکاری صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری و ایستگاه تحقیقاتی بادام در تأمین مالی و مساعدت در انجام بخشی از پروژه پسا دکتری (شماره طرح: ۴۰۲۰۲۸۹) قدردانی و سپاسگزاری می‌نمایند.

تعارض منافع

نگارندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

References

1- Arteaga, N., & Sociasi Company, R. (2001). *Heritability of fruit and kernel traits in almond*. III International Symposium on Pistachios and Almonds 591, Zaragoza, Spain.
2- Asgari, K., & Khadivi, A. (2021). Morphological and pomological characterizations of almond (*Prunus amygdalus* L.) genotypes to choose the late-blooming superiors. *Euphytica*, *217*(3), 42. https://doi.org/10.1007/s10681-021-02777-0
3- Ayaz, Z., Zainab, B., Khan, S., Abbasi, A.M., Elshikh, M.S., Munir, A., Al-Ghamdi, A.A., Alajmi, A.H., Alsubaie, Q.D., & Mustafa, A.E.Z.M. (2020). *In silico* authentication of amygdalin as a potent anticancer compound in the bitter kernels of family Rosaceae. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *27*(9), 2444-2451. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.06.041
4- Babadai, R., Mousavi, S.A., & Mehrdad, J. (2017). *Guide to Almond Production*. Islamic Azad University Khorasgan Publications, Khorasgan, Iran. (In Persian)
5- Barreca, D., Nabavi, S. M., Sureda, A., Rasekhian, M., Raciti, R., Silva, A.S., Annunziata, G., Arnone, A., Tenore, G. C., & Süntar, İ. (2020). Almonds (*Prunus dulcis* Mill. DA webb): A source of nutrients and health-promoting compounds. *Nutrients*, *12*(3), 672. https://doi.org/10.3390/nu12030672
6- Beigi, F., & Khadivi, A. (2023). Selection of superior late-blooming almond (*Prunus dulcis* [Mill.] DA Webb) genotypes using morphological characterizations. *Food Science and Nutrition*, *11*(7), 3844-3857. https://doi.org/10.1002/fsn3.3370
7- Çantal, D. (2022). *Effect of different rootstocks on fruit quality and plant nutritient content of almond cvs.Ferragnes and Ferraduel*. M.Sc. Thesis, Ege University Graduate School of Applied and Natural Science. p. 56.
8- Chalak, L., Chehade, A., & Kadri, A. (2007). Morphological characterization of cultivated almonds in Lebanon. *Fruits*, *62*(3), 177-186. https://doi.org/10.1051/fruits:2007013
9- De Giorgio, D., Leo, L., Zacheo, G., & Lamascese, N. (2007). Evaluation of 52 almond (*Prunus amygdalus* Batsch) cultivars from the Apulia region in Southern Italy. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *82*(4), 541-546. https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512271
10- De Giorgio, D., & Polignano, G. (2001). Evaluating the biodiversity of almond cultivars from germplasm collection field in Southern Italy. *Sustaining the Global Farm*, *56*, 305-311.
11- Dorostkar, M., Mostafavi, M., Shariat-Panahi, M.S., Hasani, D., Khalighi, A., & Nikzad, A. (2011). Self-compatibility and suitable planting combination of commercial cultivars of almond. *Seed and Plant Improvement Journal*, *27*(4), 449-457. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/SPIJ.2017.111076
12- FAO. (2021). *FAOSTAT database results.* http://Fao.stat.org/stat.org/stat/almond
13- Gouta, H., Ksia, E., Ayachi, M., & Martinez-Gomez, P. (2019). Agronomical evaluation of local Tunisian almond cultivars and their breeding prospects. *European Journal of Horticultural Science*, *84*(2), 73-84. https://doi.org/10.17660/eJHS.2019/84.2.3
14- Gradziel, T.M., & Martínez-Gómez, P. (2002). Shell seal breakdown in almond is associated with the site of secondary ovule abortion. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *127*(1), 69-74.
15- Gülcan, R. (1985). *Descriptors list for Almond (Prunus amygdalus; Revised).* International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR).
16- Heidari, P., Sanaeizadeh, S., Rezaei, M., & Khadivi, A. (2022). Phenotypical and pomological characterization of non-irrigated almond (*Prunus dulcis* Mill.) trees to select superior genotypes. *Erwerbs-Obstbau*, *64*(3), 333-343.
17- Imani, A., Amani, G., Shamili, M., Mousavi, A., Hamed, R., Rasouli, M., & José Martínez-García, P. (2021). Diversity and broad sense heritability of phenotypic characteristic in almond cultivars and genotypes. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *8*(3), 281-289. https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.284452.303
18- Imani, A., Ghoreyshi, H., Mohamadi Torkashvand, A., Azizi-Nazhad, R., & Ebrahimi, R. (2022). Evaluation of morphological and pomological characteristics and yield of almond cultivars and promising genotypes. *Iranian*

Journal of Horticultural Science and Technology, *23*(2), 277-290. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.16807154.1401.23.2.7.7
19- Imani, A., Mousavi, A., Biat, S., Rasouli, M., Tavakoli, R., & Piri, S. (2011). Genetic diversity for late frost spring resistance in almond. *Acta Horticulturae*, *912*, 371-375. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.912.54
20- Janick, J., & Moore, J.N. (1996). *Fruit Breeding, Tree and Tropical Fruits* (Vol. 1). John Wiley and Sons. p. 632.
21- Kester, D.E., & Gradziel, T.M. (1996). *Almonds* In J. Janick & J. N. Moore (Eds.), *Fruit Breeding, Volume 3: Nuts* (pp. 1-97). John Wiley and Sons, Inc.
22- Khadivi-Khub, A., & Etemadi-Khah, A. (2015). Phenotypic diversity and relationships between morphological traits in selected almond (*Prunus amygdalus*) germplasm. *Agroforestry Systems*, *89*, 205-216. https://doi.org/10.1007/s10457-014-9754-x
23- Khadivi-Khub, A., & Osati, E. (2016). Evaluation of self-compatiblity, flowering time and morphological variables in some almond genotypes to choose superiors. *Plant Production Technology*, *8*(1), 103-124. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22084/ppt.2016.1764
24- Khadivi, A., Mirheidari, F., & Moradi, Y. (2022). *Prunus arabica* (Olivier) Meikle, an important genetic resource for breeding of almond: Morphological and pomological characterizations. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *69*(5), 1717-1730. https://doi.org/10.1007/s10722-022-01361-2
25- Khojand, S., Zeinalabedini, M., Azizinezhad, R., Imani, A., & Ghaffari, M.R. (2023). Diversity of nut and kernel weight, oil content, and the main fatty acids of some almond cultivars and genotypes. *Journal of Nuts*, *14*(1), 33-44. https://doi.org/10.22034/jon.2022.1945292.1145
26- Melhaoui, R., Addi, M., Houmy, N., Abid, M., Mihamou, A., Serghini-Caid, H., Sindic, M., & Elamrani, A. (2019). Pomological characterization of main almond cultivars from the North Eastern Morocco. *International Journal of Fruit Science*, *19*(4), 413-422. https://doi.org/10.1080/15538362.2018.1552232
27- Moradi, H., & Mousavi, S.A. (1999). *Characteristics of three varieties of local almonds in Chaharmahal and Bakhtiari province*. First National Conference on Almond, Shahrekord, Iran. (In Persian)
28- Mougiou, N., Maletsika, P., Konstantinidis, A., Grigoriadou, K., Nanos, G., & Argiriou, A. (2023). Morphological and molecular characterization of a new self-compatible almond variety. *Agriculture*, *13*(7). https://doi.org/10.3390/agriculture13071362
29- Mousavi, S.A., Ghasemnezhad, M., Tatari, M., & Eskandari, S. (2020). Evaluation of phenotypic diversity of nut and kernel characteristics in some almond cultivars and promising genotypes. *Research in Pomology*, *5*(1), 139-151. (In Persian with English abstract). https://rip.urmia.ac.ir/article_120954.html
30- Mousavi, S.A., Moghadam, M.R.F., Zamani, Z., & Eimani, A. (2010). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of some almond cultivars and genotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *41*(2), 119–131. (In Persian with English abstract)
31- Mousavi, S.A., Tatari, M., Moradi, H., & Hassani, D. (2015). Evaluation of genetic diversity among the superior walnut genotypes based on pomological and phenological traits in Chahar Mahal va Bakhtiari province. *Seed and Plant Journal*, *31*(2), 365-389. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/spij.2017.111264
32- Pérez-Sánchez, R., & Morales-Corts, M.R. (2021). Agromorphological characterization and nutritional value of traditional almond cultivars grown in the Central-Western Iberian Peninsula. *Agronomy*, *11*(6), 1238. https://doi.org/10.3390/agronomy11061238
33- Ranjbar, A., & Imani, A. (2022). Grafting commercial cultivars of almonds on accurate rootstocks mitigates adverse effects of drought stress. *Scientia Horticulturae*, *293*, 110-725. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110725
34- Rasouli, M., Fattahi Moghadam, M.R., Zamani, Z., Imani, A., & Ebadi, A. (2012). A study ot the phenotypic diversity of some almond cultivars and genotypes, using morphological traits. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *43*(4), 357-370. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2012.29371
35- Rasouli, M., Jafari Taeme, A., & Rahmati Joneidabad, M. (2019). Evaluation of genetic variation of some almond genotypes using morphological markers. *Pomology Research*, *4*(1), 106-120. (In Persian with English abstract)
36- Rubio-Cabetas, J.M. (2016). Almond Rootstocks: Overview. In O. Kodad, A. López-Francos, M. Rovira, & R. Socias i Company (Eds.), *XVI GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios* (Vol. 119, pp. 133-143). Zaragoza: CIHEAM. http://om.ciheam.org/om/pdf/a119/00007379.pdf
37- Safavi, E., Yadegari, M., Mousavi, S.A., & Haghighati, B. (2023). Investigation the different levels of drought stress on almond cultivars. *Journal of Horticultural Science*, *37*(2), 523-540. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2022.77478.1184
38- Sorkheh, K., Shiran, B., Kiani, S., Amirbakhtiar, N., Mousavi, S., Rouhi, V., Mohammady, D.S., Gradziel, T.M., Malysheva-Otto, L.V., & Martínez-Gómez, P. (2009). Discriminating ability of molecular markers and morphological characterization in the establishment of genetic relationships in cultivated genotypes of almond and related wild species. *Journal of Forestry Research*, *20*(3), 183-194. https://doi.org/10.1007/s11676-009-0036-9
39- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology* (5th Ed.). Sinauer Associates.

40- Vezvaei, A. (1985). *Evaluation of quantitative and qualitative traits of almond genotypes in Tehran and Central provinces of Iran in order to select superior cultivars*. M.Sc. Thesis, Factually of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. p. 196.

41- Yada, S., Lapsley, K., & Huang, G. (2011). A review of composition studies of cultivated almonds. *Macronutrients and Micronutrients, 24*(4-5), 469-480.

42- Zahedi, S.M., Abdelrahman, M., Hosseini, M.S., Yousefi, R., & Tran, L.S.P. (2020). Physical and biochemical properties of 10 wild almond (*Amygdalus scoparia*) accessions naturally grown in Iran. *Food Bioscience*, *37*, 100721. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100721

43- Zinelabidine, L., H'ssaini, H., Ennahli, S., Latrache, H., & Hmid, I. (2015). Phenotypic, morphological diversity and biochemical characterization of 14 almond cultivars from Morocco. *Moroccan Journal of Chemistry*, *3*(3), 3-3 2394-2406. https://doi.org/10.48317/IMIST.PRSM/morjchem-v3i3.2589